



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 658 967 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 94117659.6

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: H02K 49/10, F04D 13/02

22 Anmeldetag: 09.11.94

30 Priorität: 14.12.93 DE 4342649

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
21.06.95 Patentblatt 95/25

64 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB IE IT LI LU NL PT  
SE

71 Anmelder: Munsch  
Kunststoff-Schweisstechnik GmbH  
Postfach 142  
D-56221 Ransbach-Baumbach (DE)

72 Erfinder: Munsch, Stefan  
Adalbertstrasse 6  
D-60486 Frankfurt/Main (DE)

74 Vertreter: Goddar, Heinz J., Dr.  
FORRESTER & BOEHMERT  
Franz-Joseph-Strasse 38  
D-80801 München (DE)

54 Magnetkreislumppe für aggressive medien.

57 Magnetkreislumppe für aggressive Medien mit einem Spalttopf (11), zwischen einem mit Permanentmagneten (24) bestückten Außenrotor, der mit einem Antriebsmotor verbunden ist, und einem mit Permanentmagneten (22) bestückten Innenrotor, der mit einem Laufrad (10) verbunden ist, wobei der Spalttopf (11) aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt ist, und eine auf den Faserverbundwerkstoff durch Ionenbeschuss aufgebraute Beschichtung aus modifiziertem, amorphen Kohlenstoff aufgebracht ist, sowie Verfahren zur Herstellung der Beschichtung.

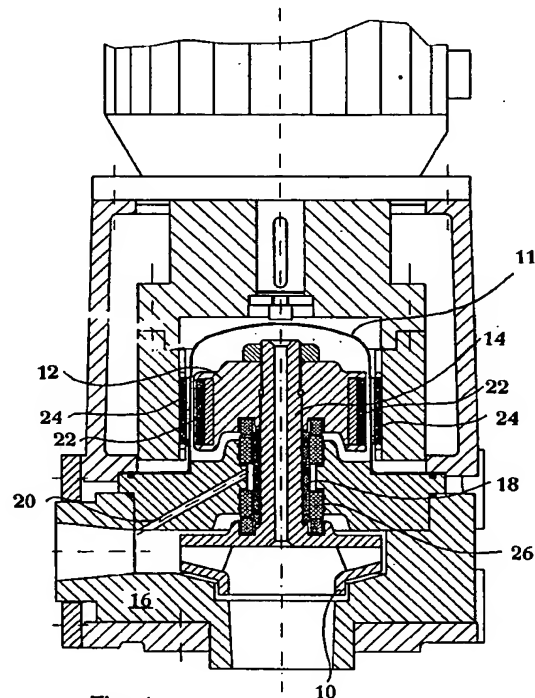


Fig. 1

EP 0 658 967 A2

Die Erfindung betrifft eine Magnetkreispumpe für aggressive Medien mit einem Spalttopf zwischen einem mit Permanentmagneten bestückten Außenrotor, der mit einem Antriebsmotor verbunden ist, und einem mit Permanentmagneten bestückten Innenrotor, der mit einem Laufrad verbunden ist, wobei der Spalttopf aus einem Faserverbundstoff gefertigt ist.

Eine derartige Magnetkreispumpe ist beispielsweise aus der DE-PS 36 36 404 C2 bekannt. Der Spalttopf trennt dabei das aggressive Medium, das den Innenrotor mit umgibt, von den Rest der Pumpe, insbesondere dem Außenrotor. Er kann aus verschiedenen Materialien bestehen. Beispielsweise sind Kunststoff-, Metall- und Keramikspalttöpfe bekannt.

Vollkunststofftöpfe können zwar gegenüber den aggressiven Medien unempfindlich gewählt werden, weisen dann jedoch materialbedingt eine zu hohe Elastizität auf, so daß sie den auftretenden Saugdrücken nicht standhalten können und sich verformen. Dies ist selbstverständlich unerwünscht, da dann der den Rotoren Verbleibende Freiraum nicht mehr gewährleistet ist.

Metallspalttöpfe sind gegenüber den aggressiven Medien nicht unempfindlich genug. Sie müssen daher beschichtet werden. Dabei ist insbesondere problematisch, daß Keramikbeschichtungen oder Emaillebeschichtungen für eine gute Haftung der Beschichtung auf dem Metallspalttopf ein Erhitzen des Spalttopfes voraussetzen, was jedoch die Materialeigenschaften des Metalls erheblich beeinflußt, da diese Erhitzung bis zu einem Bereich von typischerweise 500 °C führt, also einer Temperatur, bei der das Metall "angelassen" wird.

Weiter ist auch die Verwendung von Keramikspalttöpfen erprobt worden. Diese Töpfe sind jedoch nur sehr aufwendig auf die genauen Abmessungen dimensionierbar, müssen dicker sein und benötigen oft zusätzlich eine Gleitbeschichtung, da sonst die Gleitreibung zwischen Keramik und den anderen in der Magnetkreispumpe auftretenden Substanzen sehr hoch ist.

Meist behilft man sich daher mit zwei Spalttöpfen aus unterschiedlichen Materialien, die ineinander gesteckt werden, beispielsweise einem Außentopf aus Metall und einem Innentopf aus PTFE oder, wie in der oben erwähnten Druckschrift DE-PS 36 36 404 erwähnt, aus einem Außentopf aus GFK mit einem zusätzlichen Innentopf aus PTFE. Mit einer derartigen Ausgestaltung können aggressive Medien wirksam daran gehindert werden, mit dem Spalttopf zu reagieren, und gleichzeitig eine hohe Festigkeit gegen den Saugdruck erzielt werden.

Nachteilig an einer derartigen Ausgestaltung ist jedoch, daß die Dicke eines Spalttopfes und damit die magnetische Strecke zwischen Innenrotor und

Außenrotor erheblich ist, daß PTFE nur schlecht die Wärme leitet, so daß sich aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen beiden Materialien Probleme ergeben. Durch die unterschiedlichen Temperaturexpansionskoeffizienten kann bei bestimmten Temperaturverhältnissen ein mangelnder Kontakt zwischen beiden Töpfen auftreten, der die größeren Fertigungstoleranzen, die durch die Verwendung zweier Töpfe entstehen, unangemessen erhöht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Magnetkreispumpe mit einem dünnen Spalttopf zu versehen, der chemisch auch durch aggressive Medien nicht angreifbar ist, der die Gleitreibung zwischen Topf und den anderen in der Magnetkreispumpe auftretenden Substanzen möglichst weit herabsetzt, dabei mit möglichst geringem technischen Aufwand mit hoher Fertigungsgenauigkeit produziert werden kann, der die Wärme der oft heißen Medien gut leitet und bei dem es bei Wärmeeinwirkung keine Ausdehnungsprobleme gibt.

Erfindungsgemäß wird dies durch die im Hauptanspruch aufgeführten Merkmale erreicht.

Vorteil einer amorphen Kohlenstoffschicht auf einem kohlenfaserverstärkten Kunststoffspalttopf ist die geringe Dicke des Topfes, die bisher mit anderen Beschichtungen nicht realisierbar war, da diese nicht auf dem Kunststoff haften. Der Kunststoff muß erfindungsgemäß nicht, wie bisher nötig, auf Temperaturen von ca. 500 °C erhitzt werden um eine Beschichtung aufzubringen, was bei dem genannten Kunststoffmaterial eben nicht möglich ist, sondern man kann nach dem vorgeschlagenen Verfahren praktisch ohne größere Erhitzung - im Moment ist eine Erwärmung im Bereich von ungefähr 120 °C, teilweise 60 °C möglich - amorphen Kohlenstoff aufbringen.

Vorteilhaft ist weiter, daß der amorphe Kohlenstoff wärmeleitend ist, so daß kein wärmeleitendes Substrat aus z. B. Metall nötig ist. Es kann ein CFK-Spalttopf für die unterschiedlichsten Zwecke verwendet werden, auch für die, wo Wärme zugeführt oder abgeführt werden muß. Durch die extreme Verschleißfestigkeit des amorphen Kohlenstoffs kann weiter eine wesentlich dünnere Schicht als bei anderen denkbaren Beschichtungen aufgebracht werden, dünner insbesondere, als es die bisherigen PTFE-Töpfe waren.

Die dünne Schicht erlaubt, die vorhandene Geometrie eines hochgenau herstellbaren CFK-Topfes beizubehalten. Da auch kein nennenswerter Verschleiß auftritt, brauchen auch während des Betriebs keine entstehenden Verschleißtoleranzen befürchtet werden, die ansonsten schon bei der Konstruktion ihren Niederschlag finden müßte. Auch wird sich durch die gute Wärmeleitfähigkeit keine temperaturbedingte Geometrieänderung einstellen.

Vorteilhaft ist nicht zuletzt das spannungsfreie Aufbringung der Beschichtung auf den Kunststoff, sowie deren große Elastizität aufgrund der keine, insbesondere keine thermisch bedingten Spannungen zwischen den beiden Materialien auftreten.

Abschließend ist vorteilhaft, daß durch die durchsichtige Beschichtung weiter eine optische Kontrolle des CFK-Spalttopfes möglich ist.

Die in einer vorgeschlagenen Ausführung weiter vorteilhafte Beimengung eines Wasserstoffanteils in die Beschichtung trägt zur Amorphizität der Beschichtung bei. Ansonsten würde sich beim Beschichtungsvorgang, eventuell auch erst durch die dauerhafte mechanische oder thermische Belastung, eine der bereits bekannten kristallinen Formen des Kohlenstoffs in der Beschichtung ausbilden können. Dies ist unerwünscht. Es ist an einer dauerhaften Beibehaltung der amorphen Eigenschaften der Kohlenstoffbeschichtung gelegen.

Eine Dicke von mehr als 10  $\mu\text{m}$  für die Beschichtung ist vorteilhaft, da so bei vorteilhafter dünner Beschichtung zur Erlangung kurzer magnetische Strecken, die beste Übermittlung von auftretenden Druckbelastungen durch die elastische amorphe Schicht hindurch auf den CFK-Spalttopf erfolgt. Zur Erlangung genügender Wärmeleitung in der Ebene der Beschichtung genügt erstaunlicherweise schon eine so dünne Schicht.

Vorteilhaft bei dieser Schichtdicke ist weiter die Unterstützung der Beschichtung in sich selbst zur Vermeidung eines Eisscholleneffektes, in der eine harte Beschichtung bricht, da sie nicht genügend durch das Trägermaterial unterstützt wird.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, insbesondere des Verfahrens zum Herstellen der erfindungsgemäßen Beschichtung, ersichtlich. Dabei zeigt die begleitende Zeichnung:

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch eine Magnetkreispumpe, in der der Spalttopf erkennbar ist, und
- Fig. 2 die Darstellung eines Spalttopfes aus einem CFK-Außen- und einem PTFE-Innentopf, und
- Fig. 3 den erfindungsgemäßen CFK-Spalttopf mit einer Innenbeschichtung, der verglichen mit dem der Fig. 2 insgesamt wesentlich dünner hergestellt werden kann.

In der Fig. 1 ist eine Magnetkreispumpe mit einem Laufrad 10, einem Spalttopf 11, einer Welle 14, einem an der Welle befestigten Magnetinnenrotor 12 mit aufgesetzten Permanentmagneten 22 sowie den außerhalb des Spalttopfes 11 angeordneten Magneten 24 des Außenrotors zu erkennen.

Die Vorsehung eines beschichteten Spalttopfes 11 wie er in der Fig. 3 dargestellt ist, anstelle eines

separaten Kunststoff-Spalttopfes (z. B. wie in Fig. 2) zur Bedeckung eines gegenüber den aggressiven Medien empfindlichen weiteren Topfes hat insbesondere den Vorteil, daß die magnetische Strecke zwischen einem Außenrotor und einem Innenrotor bei der Magnetkreispumpe verringert werden kann. Damit können die magnetischen Kräfte besser übertragen werden, und die Verluste werden verkleinert. Die vorgeschlagene nichtmetallische Ausführung hat gegenüber einem metallischen Spalttopf den weiteren Vorteil, daß keine Wirbelströme in dem Spalttopf entstehen, die den Spalttopf unerwünscht erhitzen und zu Energieverlusten führen.

Gegenüber herkömmlichen Kunststofftopfen kann der erfindungsgemäß beschichtete Kunststofftopf mit wesentlich dünneren Wandstärken hergestellt werden, einmal aufgrund der Beimengung von Kohlenstoffasern, die die Stabilität erhöhen, und zum anderen dadurch, daß die sehr harte Beschichtung außerordentlich fest mit dem Spalttopf verbunden ist.

Damit ergibt sich ein deutlich besserer Unterstützungseffekt der Beschichtung als durch einen separaten, zudem noch aus weicherem Kunststoff gefertigten Innentopf aus PTFE (Teflon).

Dennoch ist die Elastizität der Beschichtung auf kurzen Strecken im Vergleich zu deren Verschleißfestigkeit erstaunlich. Es kann eine Schicht in der Größenordnung einer Dicke von nur 2  $\mu\text{m}$  gefertigt werden, die nicht durch die üblicherweise vorhandenen Bedingungen beschädigt werden kann. Durch diese dünne Schicht ist zudem eine hohe Wärmeleitung an den dahinterliegenden Spalttopf aus Kunststoff möglich. Damit ist gewährleistet, daß beide Materialien jeweils die gleiche Temperatur besitzen.

Eine Korrosion des amorphen Kohlenstoffes, wie sie bei herkömmlichen Materialien üblich ist, findet nicht statt. Sie kann nicht einmal in  $\mu\text{m}$  pro Betriebsjahr angegeben werden. Die sich daraus ergebende wesentlich verlängerte Lebensdauer bzw. dünnere Schichtdicke erlaubt synergistisch genauere Einhaltung der geometrischen Bedingungen und wiederum verringerten Verschleiß.

Weiter haftet die Beschichtung im Vergleich zu Emaille oder ähnlichen bisher bekannten Beschichtungen bereits bei sehr niedrigen Temperaturen. Diese Haftung ist derart gut, daß sie praktisch nicht gemessen werden kann.

Gelingt es einmal mit Hilfe eines Diamanten, Teile der Schicht abzulösen, haftet diesen Schichtteilen meist Substratmaterial an.

Wichtig ist jedoch, die Beschichtung auf eine saubere Oberfläche aufzubringen. Die Oberflächenbearbeitung vor der Beschichtung sollte daher besonders sorgfältig erfolgen.

Das Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Spalttopfes besteht darin, daß der einseitig offene Spalttopf 11 in eine hermetisch abschließbare Kammer eingebracht wird, wobei der Spalttopf mit seiner offenen Seite nach oben auf einen leitenden, gegenüber der Kammer isolierten Probenhalter aufgesetzt wird, die Kammer mit einem Vakuumpumpstand evakuiert wird, dann ein kohlenwasserstoffhaltiges Gasgemisch (z.B. Butan) eingeleitet wird, bei gleichzeitiger weiterer Entleerung der Kammer, wobei zunächst ein Druck von ca.  $10^{-5}$  mbar durch das Evakuieren erreicht wird, und sodann durch vermehrte Einleitung des Gases ein Druck von ca.  $10^{-3}$  - 1 mbar gehalten wird. Dann wird durch Beaufschlagen des leitenden Probenhalters mit einem starken Hochfrequenzsignal im Bereich von ca. 2 - 30 MHz ein Kohlenstoff-Wasserstoff-Plasma in einer dünnen Schicht um den Spalttopf erzeugt.

Aus dieser Plasmaschicht heraus lagert sich dann der amorphe Kohlenstoff ab. Die Schichtdicke des erzeugten Plasmas ist dabei stark druckabhängig. So wird sie bei einem Kammerdruck von  $10^{-2}$  mbar ungefähr 10 mm dick sein und nur 1/100 mm bei 10 mbar betragen. Je dünner die Schicht ist, umso feinere Konturen können geometrisch richtig beschichtet werden, während gleichzeitig die Bindungsfestigkeit aufgrund von Temperatur und Gasdruck zunimmt.

Die Temperatur der Kammer wird über den gesamten Beschichtungsvorgang mit ca. 100 - 120 °C beibehalten.

Gegenüber den bisher bekannten Beschichtungen von (meist) Metalloberflächen, wie z. B. Beschichtungen mit Titanitrid, weist die erfindungsgemäße Beschichtung mit amorphem Kohlenstoff nicht nur eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Verschleißreibung auf, sie hat auch eine sehr niedrige Gleitreibung.

Bisher bekannte Beschichtungen, wie z. B. aus Titanitrid, die gegen abrasiven und adhäsiven Verschleiß schützen, tun dies durch mikroharte, d. h. gegen plastische Verformung widerstandsfähige bzw. im zweiten Fall gegen hohe Temperaturen widerstandsfähige Oberflächen. Ein Reiben von mikroskopisch kleinen Unebenheiten gegeneinander erfolgt dennoch, wobei sich das weichere der beiden reibenden Materialeien, meist Stahl, auf den Beschichtungen absetzt. Es ergibt sich dann eine Stahl-Stahl Reibung, die zwar die geschützte Oberfläche nicht beeinträchtigt, aber dennoch Wärme entwickelt.

Demgegenüber ermöglicht eine Beschichtung mit modifiziertem Kohlenstoff auch bei dauernd wiederkehrenden Wandpartnern verringerten Verschleiß. Bei amorphem Kohlenstoff werden sich statt einer Stahlanlagerung eher Kohlenstoffatome - obwohl diese sehr fest in ihrer Fläche angebunden

sind - an den Stahl anlagern und eine Kohlenstoff-gegen-Kohlenstoff-Reibung verursachen, die wesentlich geringere Reibungskoeffizienten besitzt.

Eine derartige Kohlenstoff-gegen-Kohlenstoff-Reibung ergibt niedrigere Temperaturbelastung und ermöglicht daher wiederum dünnere Beschichtungen.

#### Patentansprüche

1. Magnetkreispumpe für aggressive Medien mit einem Spalttopf (11), zwischen einem mit Permanentmagneten (24) bestückten Außenrotor, der mit einem Antriebsmotor verbunden ist, und einem mit Permanentmagneten (22) bestückten Innenrotor, der mit einem Laufrad (10) verbunden ist, wobei der Spalttopf (11) aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt ist, gekennzeichnet durch eine auf den Faserverbundwerkstoff durch Ionenbeschuss aufgebrachte Beschichtung aus modifiziertem, amorphen Kohlenstoff.
2. Magnetkreispumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalttopf aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) besteht.
3. Magnetkreispumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoffschicht einen Wasserstoff-Anteil von ca. 20 - 30 Atomprozent aufweist.
4. Magnetkreispumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgebrachte amorphe Schicht eine Dicke von mehr als 10 µm aufweist.
5. Verfahren zum Beschichten des Spalttopfes einer Magnetkreispumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte
  - Einbringen des einseitig offenen Spalttopfes (11) in eine hermetisch abschließbare Kammer, wobei der Spalttopf mit seiner offenen Seite nach oben auf einen leitenden, gegenüber der Kammer isolierten Probenhalter aufgesetzt wird,
  - Evakuieren der Kammer mit einem Vakuumpumpstand,
  - Einleiten eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemisches bei gleichzeitiger weiterer Entleerung der Kammer, wobei zunächst ein Druck von ca.  $10^{-5}$  mbar durch das Evakuieren erreicht wird, und sodann durch vermehrte Einleitung des Gases

- ein Druck von ca.  $10^{-3}$  - 1 mbar beibehalten wird,
- Beaufschlagen des leitenden Tellers, auf dem sich der Spalttopf (11) befindet, mit einem starken Hochfrequenzsignal, wobei die Hochfrequenz im Bereich von ca. 2 - 30 MHz gesteuert wird, und 5
  - Kontrollieren der Temperatur der Kammer über den gesamten Beschichtungsvorgang zu einer konstanten Temperatur von ca. 100 - 120 ° C. 10

15

20

25

30

35

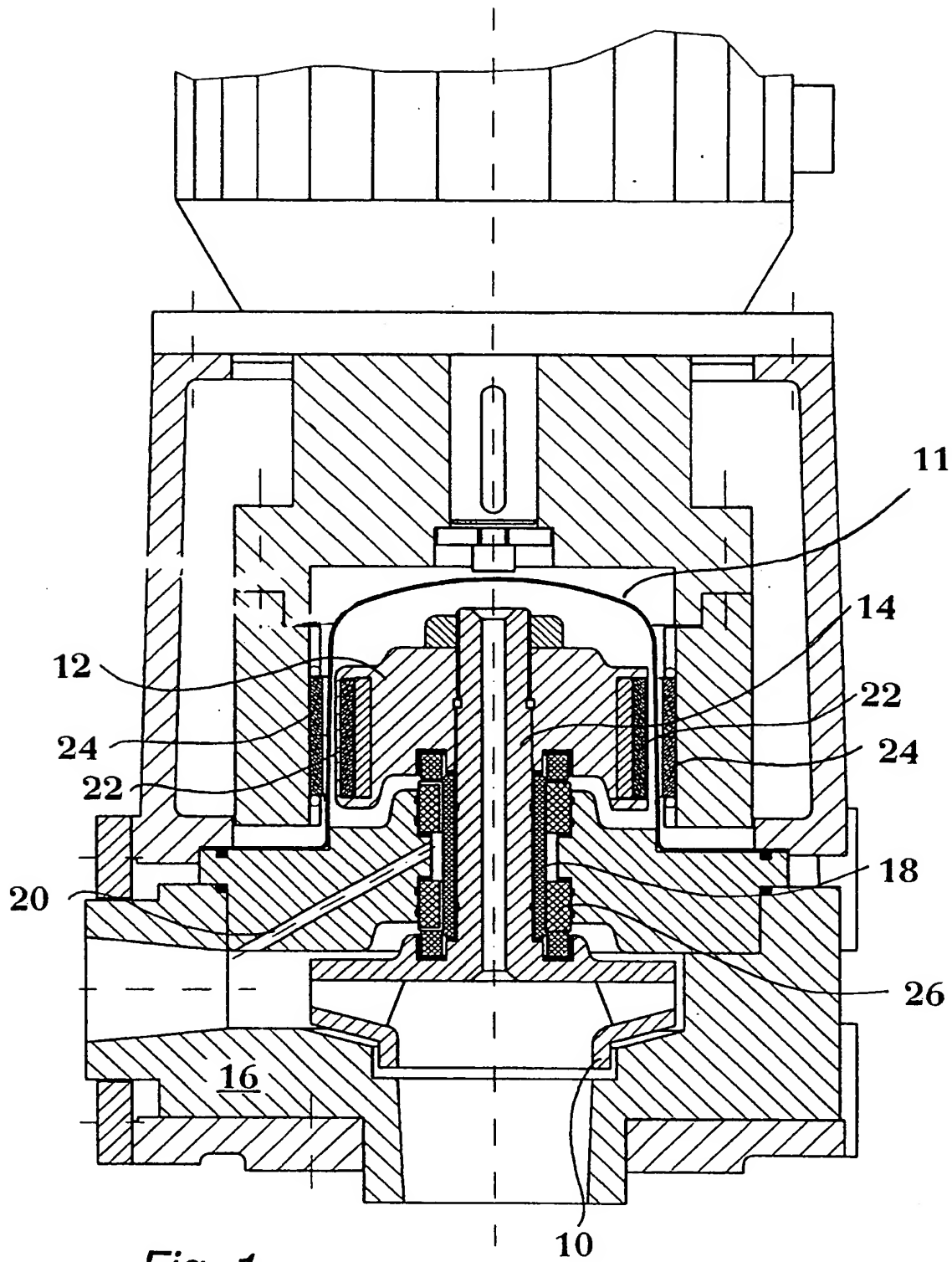
40

45

50

55

5



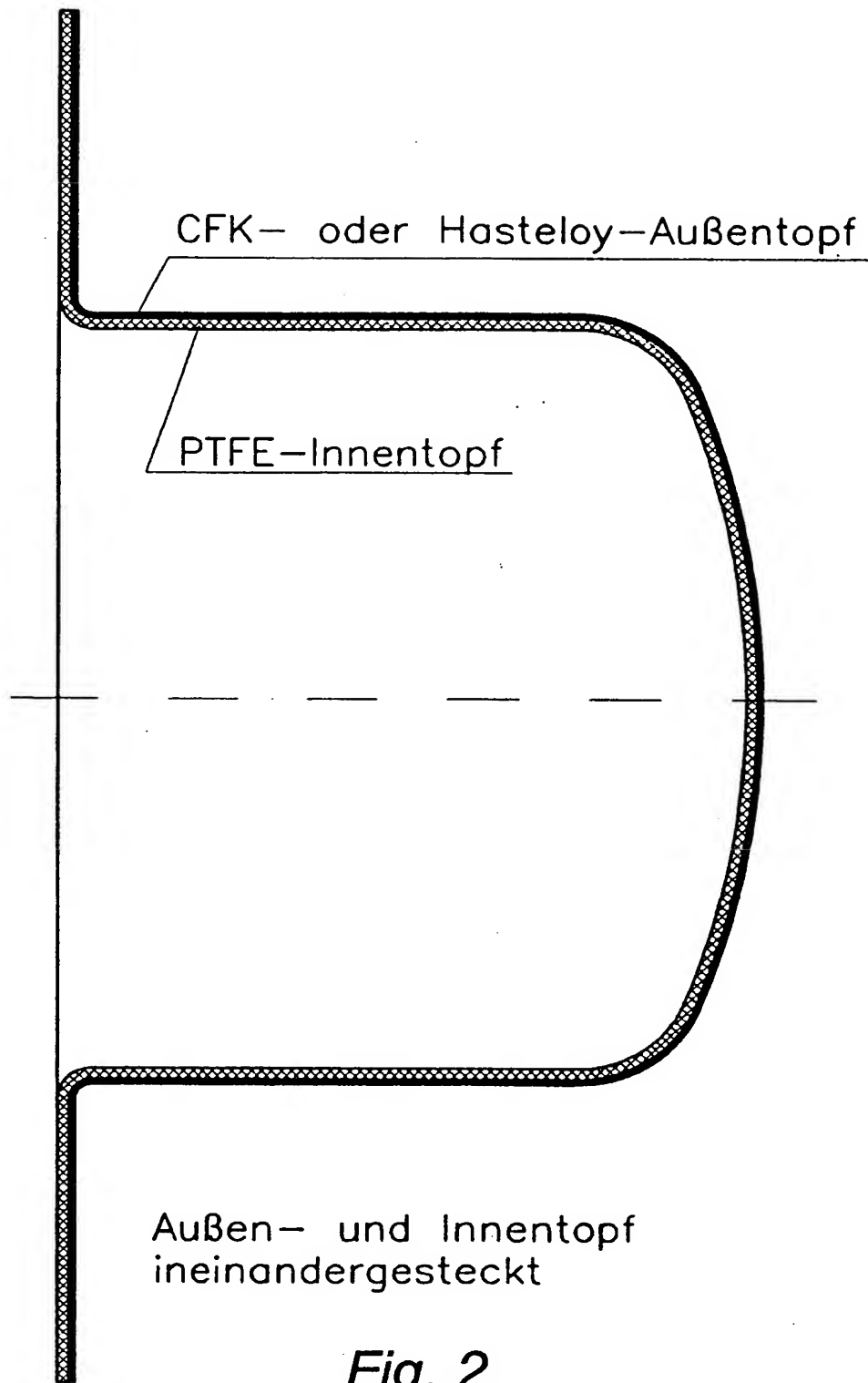


Fig. 2

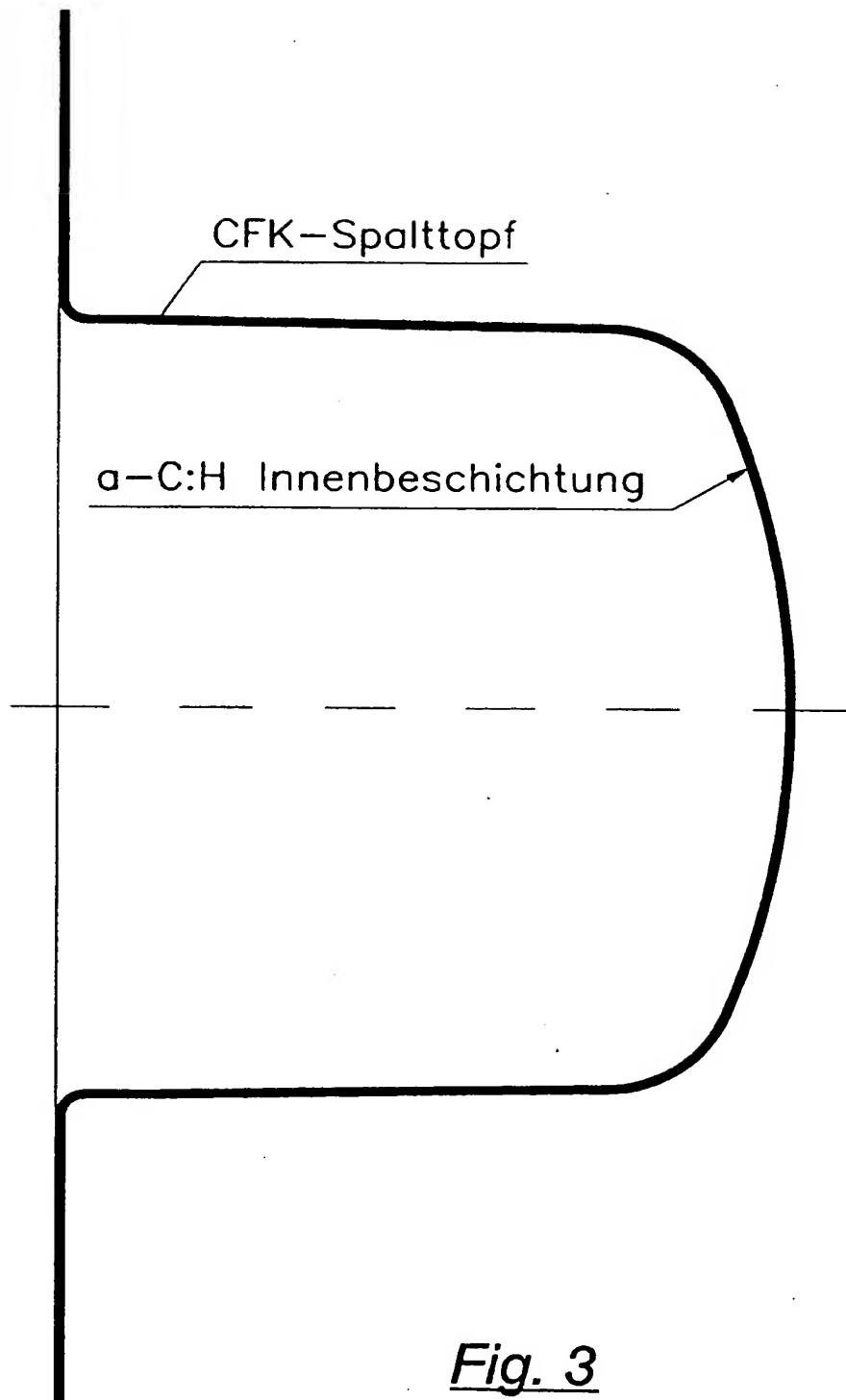


Fig. 3